

明 細 書

投射レンズおよび背面投射型プロジェクション装置

技術分野

[0001] 本発明は、投射レンズに関し、特に液晶パネル等の表示画像をスクリーン上に拡大投射する投射レンズに関するものである。

背景技術

[0002] 最近、液晶パネル(LCD:Liquid Crystal Display)に光学像を形成し、その光学像に光を照射して、投射レンズを介して該光学像をスクリーン上に拡大投射する、いわゆる背面投射型プロジェクション装置が注目されている。カラー画像を得る方法として、3枚の液晶パネルをR、G、Bの各色光でそれぞれ照明しながら、ダイクロイックプリズムを使用して3枚の液晶パネル上の映像を合成する方法が知られている。投射レンズには、コストを低減させる為にレンズの材料として、プラスチックが良く用いられている。プラスチックは対環境特性が硝子レンズに比べて悪いために、レンズ材料の温度特性を考慮して、各レンズの最適なパワー(屈折力)となる配置、最適な材料を設定する必要がある。一方、プロジェクション装置の小型化、高精細、大画面を得る為に、液晶パネルの画素ピッチは益々小型化が進んでおり、投射レンズとしても、少ない倍率色収差や低ひずみ等高い光学性能が求められている。

[0003] 従来、投射用のレンズとして、スクリーン側から順に、第1、第2レンズが負レンズで非球面を有し、全体で負の焦点距離を有する第1レンズ群と、非球面を有し、全体で正の焦点距離を有する第2レンズ群からなるレトロフォーカス型の光学系が種々提案されている。例えば、日本の特開2000-305012号公報(4~18頁、第1図)及び特開2003-156683号公報に記載されているようなものがあった。

特許文献1:特開2000-305012号公報(4~18頁、第1図)

特許文献2:特開2003-156683号公報(5~14頁、第8図)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特開2000-305012号公報では、前記第2レンズ群に異常分散性

のあるレンズを用いて、小さい倍率色収差に抑えているが、非球面は硝子レンズに施されており、コスト上昇は免れない。一方、特開2003-156683号公報では、前記第1レンズ群及び前記第2レンズ群にプラスチックを用いているが、該プラスチックのパワー(屈折力)が強く、温度補償が不十分である。

- [0005] また、投射用のレンズとしてコンパクト且つ高性能なものを得るためにには、非球面を活用することが必要不可欠になっている。非球面レンズは非球面を形成する手段の違いから、硝子のモールド工法による硝子非球面レンズ、硝子球面レンズの表面にプラスチックの非球面薄層を形成したハイブリッド型非球面レンズ、プラスチック材料の射出成型工法によるプラスチック非球面レンズがよく知られている。硝子非球面レンズは、高温でのモールド工法に用いる高価な金型の寿命が短くニストが硝子球面レンズの約3倍程度と高価であるという問題がある。
- [0006] また、ハイブリッド型非球面レンズは、硝子球面レンズの製造コストに加えプラスチックの非球面薄層を形成するための金型と、その金型を形成するためのコストが必要となり、硝子非球面レンズと同様に高価であるという問題がある。プラスチック非球面レンズは、これらに比べて非常に安価であるが、硝子レンズと比べて屈折率の温度係数が極端に大きく、例えば、温度変化による投射レンズのバックフォーカスが大きく変動してしまうという課題を有していた。即ち、プラスチックレンズの屈折率の温度係数は、硝子レンズに比べてはるかに大きい。例えば焦点距離30mmのレンズで温度が20度Cから0度Cの変化では、硝子レンズ $5\mu m$ の変動に対してプラスチックレンズでは $100\mu m$ とバックフォーカスが大きく変動するという問題があった。
- [0007] 本発明は、前記従来の投射用レンズの問題を解決するもので、レンズ構成を適切に設定することにより、プロジェクション用レンズとして特に厳しく要求される倍率の色収差が十分に補正され、プラスチックを用いても温度補正が適切になされ、画面全体にわたって、高画質な画像を実現できる小型軽量の投射レンズを低価格で提供することを目的とする。
- また、高画質な画像を実現できる小型軽量の投射レンズを搭載した対環境性に優れた小型・軽量で低価格の背面投射型プロジェクション装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 従来の投射用レンズの問題を解決するために、本発明に係る第1の観点の投射レンズは、

スクリーン側から順に負の屈折力を有する第1のレンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とを備え、

前記第1レンズ群は、スクリーン側に凸面を向けた非球面を有するプラスチックレンズの負のメニスカスレンズを有し、

前記第2レンズ群は、非球面を有するプラスチックレンズからなる負レンズと、異常分散性と負の屈折率の温度係数を持つ少なくとも2枚以上の正レンズと、
を有し、

前記正レンズの有する所定の負の屈折率の温度係数により前記第1レンズ群と第2レンズ群のプラスチックレンズの負の屈折率の温度係数に起因する温度変化の像面変動を補正するよう構成されている。

[0009] 本発明に係る第2の観点の投射レンズは、スクリーン側から順に負の屈折力を有する第1のレンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とを備え、

前記第1レンズ群は、少なくとも1枚のスクリーン側に凸面を向けた非球面を有する所定の屈折率のプラスチックレンズからなる負のメニスカスレンズを含む複数枚の負のメニスカスレンズを有し、

前記第2レンズ群は開口絞りと、非球面を有するプラスチックレンズからなる負レンズと、異常分散性と負の屈折率の温度係数を持つ少なくとも2枚以上の正レンズとを有し、

前記第1レンズ群のプラスチックレンズは、前記開口絞り側に配置されており、

前記正レンズの有する所定の負の屈折率の温度係数により前記第1レンズ群と第2レンズ群のプラスチックレンズの屈折率の温度係数に起因する温度変化の像面変動を補正するよう構成されている。

[0010] 本発明に係る第3の観点の投射レンズは、スクリーン側から投射レンズ側に向かって順に負の屈折力を有する第1のレンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とを備え、

前記第1レンズ群は、スクリーン側に凸面を向けた、非球面を有するプラスチックからなる負のメニスカスレンズを有し、

前記第2レンズ群は、開口絞りと、非球面を有するプラスチックからなる負レンズを有し、

全系の焦点距離をf、第1レンズ群中のプラスチックレンズの焦点距離をf_{1p}、第2レンズ群中のプラスチックレンズの焦点距離をf_{2p}としたときに、

$$-5 < f_{1p}/f < -3$$

$$-25 < f_{2p}/f < -15$$

なる条件を満足する。

- [0011] 本発明に係る第4の観点の投射レンズは、前記第3の観点の構成において、前記第2レンズ群に用いられる正レンズは、以下の条件式を満足する硝子材料を少なくとも2枚以上有している；

$$0.03 < P_{g,F} - (0.6482 - 0.0018 \nu d)$$

ただし、

$$P_{g,F} = (ng - nF) / (nF - nC)$$

$$\nu d = (nd - 1) / (nF - nC)$$

ngは、g線(波長435. 84nm)に対する屈折率、

nFは、F線(波長486. 13nm)に対する屈折率、

nCは、C線(波長656. 28nm)に対する屈折率、

ndは、d線(波長587. 56nm)に対する屈折率である。

- [0012] 本発明に係る第5の観点の投射レンズは、前記第3の観点の構成において、前記第2レンズ群に用いられる正レンズが、 $\Delta n / \Delta T$ を屈折率の温度係数として、

$$\Delta n / \Delta T < -5 \times 10^{-6}$$

なる条件式を満足する硝子材料を少なくとも2枚以上有してもよい。

- [0013] 本発明に係る第6の観点の投射レンズは、前記第3の観点の構成において、前記第1レンズ群は、スクリーン側に凸面を向けた2枚のメニスカス負レンズにより構成してもよい。

- [0014] 本発明に係る第7の観点の投射レンズは、前記第6の観点の構成において、前記第

1レンズ群に用いられるプラスチックレンズは、開口絞り側に配置してもよい。

- [0015] 本発明に係る第8の観点の投射レンズは、前記第3の観点の構成において、第2レンズ群を構成する正レンズの焦点距離を f_{2ep} 、全系の焦点距離を f としたときに、

$$2.5 < f_{2ep}/f < 5.0$$

なる条件を満足するよう構成してもよい。

- [0016] 本発明に係る第9の観点の投射レンズは、前記第3の観点の構成において、第2レンズ群を構成する硝子材料からなる負レンズの焦点距離を f_{2gn} 、全系の焦点距離を f としたときに、

$$-5.0 < f_{2gn}/f < -2.0$$

なる条件を満足するよう構成してもよい。

- [0017] 本発明に係る第10の観点の背面投射型プロジェクション装置は、投射レンズを備えた背面投射型プロジェクション装置であって、前記投射レンズとして、前記第1の観点から第3の観点のいずれかに記載の投射レンズを用いている。

発明の新規な特徴は添付の請求の範囲に特に記載したものに他ならないが、構成及び内容の双方に関して本発明は、他の目的や特徴と合わせて図面と共に以下の詳細な説明を読むことにより、より良く理解され評価されるであろう。

発明の効果

- [0018] 本発明の投射レンズによれば、第1レンズ群及び第2レンズ群内のプラスチックレンズの負レンズの屈折力を最適に設定し、第2レンズ群の異常分散性の有する硝子レンズと組み合わせることにより、これらのプラスチックレンズの屈折率の温度係数を、第2レンズ群の異常分散性を有する正レンズに所定の屈折率の温度係数を持たせてバックフォーカスの温度補正を行い、倍率色収差の小さい高性能で低コストな投射レンズを実現する。

また、本発明に係る投射レンズを用いてプロジェクター部を構成すれば、対環境性に優れた小型・軽量で低価格の背面投射型プロジェクション装置を実現することができる。

図面の簡単な説明

- [0019] [図1]図1は本発明に係る実施例1の投射レンズの構成図である。

[図2]図2は本発明に係る実施例1の投射レンズにおける収差性能を示す図である。

[図3]図3は本発明に係る実施例2の投射レンズの構成を示す図である。

[図4]図4は本発明に係る実施例2の投射レンズにおける収差性能を示す図である。

[図5]図5は本発明に係る実施例3の背面投射型プロジェクション装置の全体構成の概略構成図である。

[図6]図6は本発明に係る実施例3の背面投射型プロジェクション装置のプロジェクタ部の概略構成を示す図である。

符号の説明

[0020] 1 第1レンズ群

1b プラスチックレンズ

2 第2レンズ群

2b プラスチックレンズ

2d、2f、2g 正レンズ

S 開口絞り

EG ダイクロイックプリズム等の等価硝子

31 プロジェクター

32 ミラー

33 透過型スクリーン

34 筐体

41 光源

42、43 ダイクロイックミラー

44、45、46 ミラー

47、48 リレーレンズ

49、50、51 フィールドレンズ

52、53、54 液晶パネル

55 投射レンズ

発明を実施するための最良の形態

[0021] 以下、本発明に係る投射レンズ及びこの投射レンズを用いた背面投射型プロジェク

ション装置の好適な実施例を添付の図面を参照しつつ説明する。

実施例 1

[0022] 図1は本発明に係る実施例1の投射レンズの構成を示す図である。図1において、1は第1レンズ群であり、2は第2レンズ群であり、Sは開口絞りであり、及びEGはダイクロイックプリズム等の等価硝子である。

第1レンズ群1は、1a、1bは共にメニスカスレンズで、負の屈折力を有し、スクリーン側に凸面を向けた構成とされている。第2レンズ群2は、1枚の正レンズ2a、開口絞りS、メニスカスの負レンズ2b、負レンズ2cと正レンズ2dとを貼りあわせた接合レンズ、負レンズ2eと正レンズ2fとを貼りあわせた接合レンズ、及び1枚の正レンズ2gとによって構成されている。

そして、第1レンズ群1の1bと、第2レンズ群2の2bは、非球面を有するプラスチックレンズにて形成されている。また、実施例1の投射レンズは、第1レンズ群1が2枚、第2レンズ群2が7枚の計9枚と、レンズ数の少ない構成であり、温度補正が施され、倍率色収差が小さく、かつコンパクト化を図ることができるよう構成されている。

[0023] 一般的に、プラスチックレンズは屈折率が低いため、曲率が小さくなりコマ収差が大きくなってしまう。このため、屈折力を増大させるのは適切ではない。そこで、本発明に係る実施例1の投射レンズでは第1レンズ群中のプラスチックレンズの焦点距離を f_{1p} 、全系の焦点距離を f とすると、条件式(1)を満足することが必要である。

$$-5 < f_{1p}/f < -3 \cdots (1)$$

[0025] 条件式(1)は第1レンズ群1内プラスチックレンズ1bの屈折力に関するものである。

条件式(1)の下限をはずれると、第1レンズ群1の負の屈折力を維持するために、もう一方の硝子レンズ1aに負担が加わり、硝子レンズ1aの凹面側の曲率半径が小さくなり、コマ収差が悪化する。即ち、プラスチックレンズ1bの屈折力が弱すぎると、もう一方の硝子レンズ1aの屈折力を強く設定しなければならなくなり、第1レンズ群1の所定の屈折力を維持するために硝子レンズ1aの凹面側の曲率を小さくしなければならなかつた。その結果、コマ収差が悪化する原因となっている。また、凹面側の有効径が大きくなりすぎ、加工が困難になる。逆に上限値を超えると、屈折力が強い分温度変動による焦点位置の変動が大きくなる。その結果、温度変化によるバックフォーカス

の変動が大きくなり、好ましくない。また、第1レンズ群は軸外の光線が、光軸から離れた高い位置を通過するために、軸外収差に敏感である。そして、このプラスチックレンズ1bに非球面を施すことにより、主として軸外の光線の光軸から離れた高い位置を通過する光線の歪曲収差及び像面湾曲を良好に補正することができる。

[0026] また、実施例1では、第2レンズ群2を構成しているプラスチックレンズ2bの焦点距離をf_{2p}、全系の焦点距離をfとすると、条件式(2)を満足することが必要である。

$$[0027] -25 < f_{2p}/f < -15 \cdots (2)$$

[0028] 条件式(2)は、第2レンズ群2内のプラスチックレンズ2bの屈折力に関するものである。条件式(2)の下限を超えて負の屈折力が弱く成り過ぎると、バックフォーカスを維持するために、同じ第2レンズ群2内の異常分散性を有する正の屈折力を弱くする必要がある。しかし、正の屈折力を弱めると異常分散の作用が弱まることにより色収差が悪化する。

即ち、第2レンズ群2のプラスチックレンズ2bの負の屈折力が弱くなると、同じ第2レンズ群2内の異常分散性を有する正の屈折力を弱くしないとバックフォーカスが短くなり、バックフォーカスを維持するために、正の屈折力を弱める必要がでてくる。この屈折力を弱めると、異常分散性の作用が弱くなり、異常分散性を有する正の硝子レンズにより色収差を補正しているので、色収差を悪化することになり、条件式(2)の下限を超えるのは主に色収差の点から好ましくない。

[0029] 逆に上限値を超えると、負のパワー(屈折力)が強くなつて温度変化によるバックフォーカスの変動が大きくなり、好ましくない。また、このプラスチックレンズ2bは、開口絞りSの近くに位置しており、軸上収差に感度がある。即ち、F値を決定する軸上で最も高い位置(即ち、像の高さ位置)を通過するFナンバー光線はプラスチックレンズ2bで、光軸から高い位置を通過し、軸上収差に敏感であるので、このプラスチックレンズ2bに非球面を施すことにより、主として、球面収差、コマ収差を良好に補正することができる。

[0030] また、実施例1では、 $P_{g,F} = (ng - nF) / (nF - nC)$ 、 $\nu d = (nd - 1) / (nF - nC)$ において、g線(波長435. 84nm)に対する屈折率をng、F線(波長486. 13nm)に対する屈折率をnF、C線(波長656. 28nm)に対する屈折率をnC、d線(波長587. 56nm)

に対する屈折率をndとすると、条件式(3)を満足している。

$$[0031] \quad 0.03 < P_{g,F} - (0.6482 - 0.0018 \nu d) \cdots (3)$$

[0032] 条件式(3)は、第2レンズ群2を構成している正レンズの異常分散性に関するものである。レトロフォーカス型の第2レンズ群2は、軸上光線高が高くなり軸上色収差に大きな影響を及ぼす。さらにテレセントリック性を持たせるために第2レンズ群2の主光線高は最大像高と同じ高さが必要となり、倍率色収差にも大きく影響を及ぼす。リアプロジェクション装置においては、投射画像の原色画素の投射倍率差を小さくして、スクリーン上で色滲みが発生しないよう、投射レンズの倍率色収差を画素ピッチの半分以下に抑えることが好ましい。

[0033] 条件式(3)の範囲をはずれて、異常分散の効果が少なくなると、倍率及び軸上の色収差が悪化する。第2レンズ群2の正レンズに、異常分散性を有する硝子材料を少なくとも2枚以上(2d, 2f, 2g)配置することにより色収差の2次スペクトルを低減させることができ、小さい倍率及び軸上色収差を実現することができる。

実施例1では、異常分散性を有する硝子材料の正レンズ3枚の場合を示すものである。

後述の実施例2では、異常分散性を有する硝子材料の正レンズ2枚の場合を説明している。

[0034] また、本実施例1では、屈折率の温度係数を $\Delta n / \Delta T$ とすると、条件式(4)を満足することが必要である。

$$[0035] \quad \Delta n / \Delta T < -5 \times 10^{-6} \cdots (4)$$

[0036] 条件式(4)は、第2レンズ群2を構成している正レンズの屈折率の温度係数に関するものである。第2レンズ群2の正レンズに、負の屈折率の温度係数を有する硝子材料からなるレンズを少なくとも2枚以上配置することが望ましい。

[0037] 条件式(4)は温度変化によるバックフォーカスの変動を低減するためのものであり、条件式(1)及び(2)と関連している。本投射光学系においては、固定焦点でフォーカス機構が無いために温度変化によるバックフォーカス変動が大きくなりすぎると、投射光学系の解像力が不十分となり好ましくない。焦点深度内にバックフォーカスの変動を抑えることが必要となる。

[0038] 第1レンズ群1内のプラスチックレンズ1bで発生するバックフォーカスの変動は、第2レンズ群2内のプラスチックレンズ2bで発生するバックフォーカスの変動の約1/10と小さい。このために条件式(1)、(2)のように、プラスチックレンズ2bの屈折力をプラスチックレンズ1bより5倍程度弱くしている。プラスチックレンズ1bと2bはともに負の焦点距離で負の屈折率の温度係数を有しているために、温度変化によって同じ方向にバックフォーカスが変動する。一方、第2レンズ群2の正レンズに、プラスチックレンズ1bと2bと同じ負の屈折率の温度係数を有する硝子材料からなるレンズ(2d、2f、2g)を3枚配置する。そうすることにより、温度変化によるプラスチックレンズ1bおよび2bで発生するバックフォーカスの変動とは同程度で反対方向の変動量を発生させることにより打ち消すことができる。

[0039] 例えば、温度が20度Cから0度Cに変化した場合、プラスチックレンズ1bおよびプラスチックレンズ2bによってバックフォーカスの変動はそれぞれ $+11 \mu m$ 、 $+18 \mu m$ となるが、第2レンズ群の正レンズ2d、2fそして2gによって $-18 \mu m$ の発生で合計 $+1 \mu m$ の変動となり、焦点深度の約1/3以内に抑えることができる。条件式の範囲外では、温度変化によるバックフォーカスの変動が大きくなるため不適当である。

[0040] 実施例1においては、F値は2.34であり、焦点距離をf、有効径をDとすると、 $F=f/D$ より、 $f=2.34 \times D$ となる。また、液晶パネルの1セルの画素ピッチは、 $12.5 \mu m$ であるので、 $D=12.5 \mu m$ となり、 $f=2.34 \times 12.5 \mu m = 30 \mu m$ となり、約10ミクロン程度の温度変化による焦点距離の変動量が焦点深度の約1/3となり実用的である。

即ち、第1レンズ群1及び第2レンズ群2内のプラスチックレンズの負レンズの屈折率の温度係数によるバックフォーカスの変動を、第2レンズ群2の正レンズに、プラスチックレンズ1bと2bと同程度の同じ負の屈折率の温度係数を有する硝子材料からなるレンズ(2d、2f、2g)を3枚配置して、正レンズに所定の屈折率の温度係数を持たせてバックフォーカスの温度補正を行うものである。

[0041] 一般的にプラスチックレンズの屈折率の温度係数は、 -100×10^{-6} 程度であり、温度が20度Cから0度Cに20度下がった場合、屈折率を1.5とすると、屈折率は1.502と屈折率が上昇し、バックフォーカスが長く伸びる。このバックフォーカスの伸び

た量は第2レンズ群2の正レンズ2d、2f、2gの屈折率の温度係数を条件式(4)にて規定して、補正され。即ち、前述したように、プラスチックレンズ1bおよびプラスチックレンズ2bによってバックフォーカスの変動はそれぞれ+11 μm、+18 μmとなるが、第2レンズ群2の正レンズ2d、2fそして2gによって-18 μmの変動が発生で合計+11 μmの変動となり、ほぼ焦点深度の1/3以内に抑えることができる。

- [0042] また、本発明に係る実施例1では、第1レンズ群1がスクリーン側に凸面を向けた2枚のメニスカス負レンズから構成されていることを特徴とする。メニスカス形状とすることにより、軸外入射光線に対して入射面とのなす角度を小さくとることができ、最大画角45°と高画角であるにもかかわらず、プラスチックレンズの非球面化により、歪曲収差及び像面湾曲を良好に補正することができ、少ない構成枚数で高性能を実現することができる。
- [0043] また、実施例1では、第1レンズ群1に用いられるプラスチックレンズ1bは、開口絞り側に位置するほうが望ましい。第1レンズ群1では、スクリーン側のほうが軸外光線が高くなり、レンズ外径が大きくなる。プラスチックレンズは外径が大きくなるほど成型が困難となり、表面精度が低下する。特に第1レンズ群1のレンズ外径がΦ50mmを超えるような大外径レンズにおいては、顕著にあらわれてくる。そこで、プラスチックレンズ1bを開口絞り側に配置することにより、レンズ外径が大きくなるのを抑え、プラスチックレンズ1bの成型性を向上させる。
- [0044] また、実施例1では、全系の焦点距離をf、条件式(3)の条件を満足する第2レンズ群2に用いられる正レンズ(2d、2f、2g)のそれぞれの焦点距離をf_{2ep}とすると、条件式(5)を満足することが必要である。
- [0045] 2.5 < f_{2ep} / f < 5.0 ... (5)
- [0046] 即ち、正レンズ2d、正レンズ2f、正レンズ2gの全ての正レンズが、条件式(5)を満足する必要がある。

条件式(5)は、第2レンズ群2に用いられる異常分散硝子の屈折力に関する条件式である。下限値を下回って屈折力が強くなると、曲率が小さくなり、コマ収差が悪化する。逆に上限値を超えて屈折力が弱くなれば、異常分散作用が小さくなり、2次スペクトルが大きくなるために倍率及び軸上の色収差が悪化する。

- [0047] また、実施例1では、全系の焦点距離をf、第2レンズ群2に用いられる硝子材料からなる負レンズ2c、2eの焦点距離をf_{2gn}とすると、条件式(6)を満足することが必要である。
- [0048] $-5.0 < f_{2gn}/f < -2.0 \cdots (6)$
- [0049] 条件式(6)は、第2レンズ群2に用いられる硝子材料からなる負レンズ(2c、2e)の屈折力に関する条件式である。これらの負レンズは正レンズ(2d、2f)と接着され、ダブルレットとして存在し、主に色収差の補正を行っている。下限値を下回って屈折力が弱くなると、異常分散性を有する正レンズの屈折力を弱くせざるを得なくなり、2次スペクトルが大きくなつて、倍率および軸上色収差が悪化する。逆に上限値を超えて屈折力が強くなれば、曲率が強くなり、コマ収差が悪化する。
- [0050] 以上のように、本発明に係る実施例1においてはプラスチックレンズや異常分散硝子を効果的に用い、屈折力を適切に設定することにより、温度補正が施され、収差が良好に補正されたコンパクトで低コストの投射レンズが実現できる。
- [0051] 本発明の実施例1についての数値実施例を(表1)に示す。表中r₁、r₂、…、r₁₉はスクリーン側から順に数えたレンズ各面の曲率半径、d₁、d₂、…は各レンズの肉厚及び空気間隔、n₁、n₂、…は各レンズのd線における屈折率、ν₁、ν₂、…はd線を基準にするアッベ数である。また、全系の焦点距離をf、FナンバーをF/、そして画角を2ωとして示している。表1中の*印を付した面は非球面で構成された面であることを示し、非球面形状は次の式で表される。
- [0052] $x = (h^2/r) / (1 + (1 - (K+1)h^2/r^2)^{1/2})$
 $+ Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10}$
- [0053] 但し、xは光軸からの高さがhの非球面形状の非球面頂点の接平面からの距離、rを基準球面の曲率半径とし、非球面係数K、A、B、C、Dは表1に示されるとおりである。
 。
- [0054] [表1]

	$f = 8.81$	$F/2.38$	$2\omega=90.7$	投射距離640mm	
r 1	51.964	d 1	3.000	n 1	1.60311
r 2	25.777	d 2	12.980	n 2	1.52500
r 3*	162.101	d 3	6.000	n 3	1.72825
r 4*	17.042	d 4	69.570	n 4	1.52500
r 5	30.144	d 5	2.480	n 5	1.80450
r 6	310.077	d 6	1.700	n 6	1.49700
r 7	0.000	d 7	13.180	n 7	1.80518
r 8*	-32.453	d 8	3.000	n 8	1.49700
r 9*	-48.377	d 9	2.540	n 9	1.49700
r10	-40.687	d10	1.000	n 10	1.51633
r11	48.157	d11	5.350	n 11	1.51633
r12	-21.053	d12	0.200	n 12	1.51633
r13	-122.495	d13	1.200	n 13	1.51633
r14	42.646	d14	6.250	n 14	1.51633
r15	-36.059	d15	0.200	n 15	1.51633
r16	87.503	d16	7.400	n 16	1.51633
r17	-25.669	d17	0.900	n 17	1.51633
r18	0.000	d18	30.000	n 18	1.51633
r19	0.000			n 19	1.51633

第3面非球面係数

K	33.0106
A	5.30775×10^{-6}
B	-1.59846×10^{-8}
C	1.59763×10^{-11}
D	-9.85691×10^{-15}

第8面非球面係数

K	-9.9633
A	3.17019×10^{-6}
B	1.07170×10^{-8}
C	-7.32532×10^{-10}
D	6.05546×10^{-12}

第4面非球面係数

K	-1.3367
A	1.13664×10^{-5}
B	-2.96646×10^{-8}
C	-1.48589×10^{-11}
D	3.04707×10^{-14}

第9面非球面係数

K	-44.1454
A	4.20090×10^{-5}
B	1.98716×10^{-7}
C	-6.57898×10^{-10}
D	-2.18831×10^{-12}

[0055] 図2は実施例1の投射レンズの球面収差(mm)、歪曲収差(%)、非点収差(mm)、及びコマ収差(mm)を示す。図2の球面収差図において、実線はe線(波長546nm)

であり、曲線gはg線(波長436nm)を表し、曲線CはC線(波長656nm)を表す。図2の非点収差図におけるSはサジタル像面を表し、Mはメリディオナル像面を表す。図2のコマ収差図において、 $\omega = 0^\circ$ のグラフにおける両端矢印は0.050mmの幅を表しており、e線、g線、及びC線が重なって0.050mmの幅内にコマ収差が収まっている。また、コマ収差図における $\omega = 27.0^\circ$ 、 $\omega = 35.4^\circ$ 、及び $\omega = 42.4^\circ$ の各グラフにおいて、矢印の位置は絞りの中心を示している。

これらの収差図からわかるように収差の小さい良好な光学性能を実現することができる。また、表1のr18、r19は図1のEGで表されるダイクロイックプリズム等の等価硝子の面を示す。

- [0056] なお、この実施例1の有効像円はΦ18mmとなっている。レンズ系全体のF値は2.38、焦点距離fは8.8mmで、f1p/fの値は-4.2、f2p/fの値は-22.7、 $P_{g,F} = (0.6482 - 0.0018 \nu d)$ の値は0.0374、 $\Delta n / \Delta t$ の値は -6×10^{-6} ～ -5×10^{-6} 、f2e p/fの値は、3.4～4.6、f2gn/fの値は-4.4と-3.1となっており、条件式(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、及び(6)をそれぞれ満たしている。
- [0057] 実施例1の投射レンズは、第1レンズ群1中のプラスチックレンズ1b、第2レンズ群2中のプラスチックレンズ2bを同一のプラスチック材料とすることができるので、プラスチックレンズの製造において、例えば、一台の射出成形機で行う場合、材料の入れ替えによるロスを無くすことができる。また、プラスチックレンズに反射防止コーティングを施す場合、そのコーティングの構成を共通にすることができるため、例えば、同じ真空蒸着機を用いて同時にコーティングを行うことができる。このように、製造設備やプラスチック材料を効率的に使用することが可能なため、さらに低コスト化が可能になる。

実施例 2

- [0058] 以下、本発明に係る実施例2の投射レンズについて図3及び図4を参照して説明する。図3は、本発明に係る実施例2の投射レンズの構成図を示す。図3において、第1レンズ群1は、前述の図1に示した実施例1の構成と同様である。実施例1と異なるのは異常分散硝子(2c、2f)を2枚で構成している点と、プラスチックレンズ(2d)が2組のダブレットの間に配置されている点である。第2レンズ群2は、1枚の正レンズ2a

、開口絞りS、負レンズ2bと正レンズ2cとを貼りあわせた接合レンズ、メニスカスの負レンズ2d、負レンズ2eと正レンズ2fとを貼りあわせた接合レンズ、1枚の正レンズ2gによって構成されている。そして、第1レンズ群のレンズ1bと、第2レンズ群2のレンズ2dは、非球面を有するプラスチックレンズにて形成されている。

- [0059] レンズ系全体のF値は2. 34、焦点距離fは8. 8mmで、 f_{1p}/f の値は−4. 2、 f_{2p}/f の値は−22. 7、 $P_{g,F} = (0.6482 - 0.0018 \nu d)$ の値は0. 0374、 $\Delta n/\Delta t$ の値は -6×10^{-6} ～ -5×10^{-6} 、 f_{2ep}/f の値は3. 2と3. 8、 f_{2gn}/f の値は−3. 4と−2. 4となっており、条件式(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、及び(6)をそれぞれ満たしている。
- [0060] 本発明の実施例2についての数値実施例を(表2)に示す。(表2)の各記号等の示す意味は(表1)と同様である。
- [0061] [表2]

	$f = 8.81$	$F/2.34$	$2\omega=90.7$	投射距離640mm	
r 1	49.660	d 1	3.000	n 1	1.58913
r 2	25.254	d 2	12.980	n 2	1.52500
r 3*	168.753	d 3	6.000	n 3	1.72825
r 4*	17.253	d 4	69.570	n 4	1.80450
r 5	25.952	d 5	2.480	n 5	1.49700
r 6	267.420	d 6	1.700	n 6	1.52500
r 7	0.000	d 7	12.180	n 7	1.80518
r 8	-30.732	d 8	1.000	n 8	1.49700
r 9	38.888	d 9	5.350	n 9	1.48749
r10	-21.306	d10	1.200	n10	1.51633
r11*	-27.254	d11	3.000	n11	1.52500
r12*	-38.151	d12	0.200	n12	1.49700
r13	-49.483	d13	1.200	n13	1.48749
r14	48.962	d14	6.250	n14	1.51633
r15	-24.213	d15	0.200	n15	1.58913
r16	68.036	d16	7.400	n16	1.52500
r17	-22.452	d17	0.900	n17	1.49700
r18	0.000	d18	30.000	n18	1.48749
r19	0.000			n19	1.51633

第3面非球面係数

K	27.7686
A	5.38419×10^{-6}
B	-1.59833×10^{-8}
C	1.68962×10^{-11}
D	-9.99602×10^{-15}

第4面非球面係数

K	-1.3507
A	1.10062×10^{-5}
B	-3.01253×10^{-8}
C	-2.07365×10^{-11}
D	3.67751×10^{-14}

第11面非球面係数

K	-0.7178
A	-1.10172×10^{-4}
B	5.28612×10^{-7}
C	-3.62993×10^{-9}
D	2.15369×10^{-11}

第12面非球面係数

K	-8.9660
A	-5.69466×10^{-5}
B	5.17429×10^{-7}
C	-1.37044×10^{-9}
D	7.02016×10^{-12}

[0062] 図4にこの実施例2の投射レンズの球面収差(mm)、歪曲収差(%)、非点収差(m m)、コマ収差(mm)を示す。図4の球面収差図において、実線はe線(波長546nm)

であり、曲線gはg線(波長436nm)を表し、曲線CはC線(波長656nm)を表す。図4の非点収差図におけるSはサジタル像面を表し、Mはメリディオナル像面を表す。図4のコマ収差図において、 $\omega = 0^\circ$ のグラフにおける両端矢印は0.050mmの幅を表しており、e線、g線、及びC線が重なって0.050mmの幅内にコマ収差が収まっている。また、コマ収差図における $\omega = 27.0^\circ$ 、 $\omega = 35.4^\circ$ 、及び $\omega = 42.4^\circ$ の各グラフにおいて、矢印の位置は絞りの中心を示している。

倍率の色収差に関しては、開口絞りSの中心を通過する軸外光線において、実施例1と比べると異常分散硝子が1枚少ないためにe線を基準にしてg線からC線の範囲において有効像円Φが18mmであるので、像高9mmとなり、実施例1の場合の倍率色収差が $13.6 \mu m$ に対して実施例2の場合は、 $15.4 \mu m$ となり、1割程度悪化する。その他の収差については、この収差図からわかるように、実施例2の投射レンズは、実施例1と同様に収差の小さい良好な光学性能が実現できる。

[0063] また、実施例1と同様に、第1レンズ群1中のプラスチックレンズ1b、第2レンズ群2中のプラスチックレンズ2dを同一のプラスチック材料とすることにより、製造設備やプラスチック材料を効率的に使用することが可能なため、さらに低コスト化が実現できる。

[0064] 以上に説明した実施の形態は、いずれもあくまでも本発明の技術的内容を明らかにする意図のものであって、本発明はこのような具体例にのみ限定して解釈されるものではなく、請求の範囲内でいろいろと変更して実施することができ、本発明を広義に解釈するべきである。

例えば、実施例ではプラスチックレンズの材料を環状オレフィンポリマー(例えば日本ゼオン株式会社で製造される『ZEONEX 480R』、で説明したが、ポリメタクリル酸メチル(PMMA)(例えば三菱レイヨン株式会社で製造される『アクリペット』、住友化学工業株式会社で製造される『スマペックス』)およびその他の環状オレフィンポリマー(例えば日本ゼオン株式会社で製造される『ZEONEX 330R』、JSR株式会社で製造される『ARTON』、三井化学株式会社で製造される『アペル』)、スチレン系樹脂(例えば新日鉄化学株式会社で製造される『エスチレンMS-600』や『エスチレンMS-800』)、低吸湿アクリル(例えば日立化成工業株式会社の製造する『OPTOR

EZ』、三菱レイヨン株式会社で製造される『アクリベット WF100』)等を使用しても良い。もちろん、第1レンズ群1中のプラスチックレンズ、第2レンズ群2中のプラスチックレンズに異なる樹脂材料を選択しても良いし、同じ樹脂材料を選択しても良い。

実施例 3

[0065] 以下、本発明に係る実施例3の背面投射型プロジェクション装置について説明する。図5は本発明に係る実施例3の背面投射型プロジェクション装置の構成を示す図である。図5において、背面投射型プロジェクション装置は、前述の実施例1及び2のいずれか一方の投射レンズを用いたプロジェクター31、光を折り曲げるミラー32、透過型スクリーン33、及び筐体34を備えている。

即ち、プロジェクター31は、少なくとも、光源(図示せず)と実施例1または、実施例2のいずれかに記載の投射レンズとを用いた映像出力手段である。実施例3の背面投射型プロジェクション装置においては、プロジェクター31から投射される映像はミラー32によって反射され、透過型スクリーン33に結像される。

[0066] 図6は前述の実施例1、2の投射レンズの構成を示した図1及び図3におけるEG(ダイクロイックプリズム)の周辺の構成を示す図である。図6において、光源41から出射した光は、色分解光学系で赤、緑、青の原色光に分解される。ダイクロイックミラー42に入射した光は赤が反射し、緑と青は透過する。透過(緑、青)した光はダイクロイックミラー43で緑が反射し、青が透過する。こうして分解された3原色光は、それぞれフィールドレンズ49、50、51を透過したあと、液晶パネル52、53、54に入射する。液晶パネルからの出射光はEG(ダイクロイックプリズム)に入射する。3原色光はEG(ダイクロイックプリズム)により1つの光に合成された後、投射レンズ55によってスクリーン上に投影される。液晶パネルの近傍には光の偏向方向をそろえる偏向変換素子(図示せず)が配置される。

本発明に係る投射レンズを用いてプロジェクタ一部を構成すれば、対環境性に優れた小型・軽量で低価格の背面投射型プロジェクション装置を実現することができる。

[0067] 以上のように、本発明に係る投射レンズは、プラスチックレンズのパワー(屈折力)を最適に設定し、異常分散性と負の屈折率の温度係数を持つ正レンズを効果的に配

置することにより、9枚という少ないレンズ構成で諸収差及び温度特性が良好に補正されたコンパクトで低コストの投射レンズを提供することができる。本発明に係る投射レンズを用いてプロジェクター部を構成することにより、対環境性に優れた小型・軽量で低価格の背面投射型プロジェクション装置を実現することができる。

発明をある程度の詳細さをもって好適な形態について説明したが、この好適形態の現開示内容は構成の細部において変化してしかるべきものであり、各要素の組合せや順序の変化は請求された発明の範囲及び思想を逸脱することなく実現し得るものである。

産業上の利用可能性

[0068] 本発明は、精度の高い小型の投射レンズを提供でき、且つ対環境性に優れた小型・軽量で低価格の背面投射型プロジェクション装置を提供でき有用である。

請求の範囲

- [1] スクリーン側から順に負の屈折力を有する第1のレンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とを備え、
前記第1レンズ群は、スクリーン側に凸面を向けた非球面を有するプラスチックレンズの負のメニスカスレンズを有し、
前記第2レンズ群は、非球面を有するプラスチックレンズからなる負レンズと、異常分散性と負の屈折率の温度係数を持つ少なくとも2枚以上の正レンズと、
を有し、
前記正レンズの有する所定の負の屈折率の温度係数により前記第1レンズ群と第2レンズ群のプラスチックレンズの負の屈折率の温度係数に起因する温度変化の像面変動を補正するよう構成された投射レンズ。
- [2] スクリーン側から順に負の屈折力を有する第1のレンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とを備え、
前記第1レンズ群は、少なくとも1枚のスクリーン側に凸面を向けた非球面を有する所定の屈折率のプラスチックレンズからなる負のメニスカスレンズを含む複数枚の負のメニスカスレンズを有し、
前記第2レンズ群は開口絞りと、非球面を有するプラスチックレンズからなる負レンズと、異常分散性と負の屈折率の温度係数を持つ少なくとも2枚以上の正レンズとを有し、
前記第1レンズ群のプラスチックレンズは、前記開口絞り側に配置されており、
前記正レンズの有する所定の負の屈折率の温度係数により前記第1レンズ群と第2レンズ群のプラスチックレンズの屈折率の温度係数に起因する温度変化の像面変動を補正するよう構成された投射レンズ。
- [3] スクリーン側から投射レンズ側に向かって順に負の屈折力を有する第1のレンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とを備え、
前記第1レンズ群は、スクリーン側に凸面を向けた、非球面を有するプラスチックからなる負のメニスカスレンズを有し、
前記第2レンズ群は、開口絞りと、非球面を有するプラスチックからなる負レンズを

有し、

全系の焦点距離をf、第1レンズ群中のプラスチックレンズの焦点距離をf1p、第2レンズ群中のプラスチックレンズの焦点距離をf2pとしたときに、

$$-5 < f_{1p}/f < -3$$

$$-25 < f_{2p}/f < -15$$

なる条件を満足する投射レンズ。

- [4] 前記第2レンズ群に用いられる正レンズは、以下の条件式を満足する硝子材料を少なくとも2枚以上有している請求項3に記載の投射レンズ；

$$0.03 < P_{g,F} - (0.6482 - 0.0018 \nu d)$$

ただし、

$$P_{g,F} = (ng - nF) / (nF - nC)$$

$$\nu d = (nd - 1) / (nF - nC)$$

ngは、g線(波長435. 84nm)に対する屈折率、

nFは、F線(波長486. 13nm)に対する屈折率、

nCは、C線(波長656. 28nm)に対する屈折率、

ndは、d線(波長587. 56nm)に対する屈折率である。

- [5] 前記第2レンズ群に用いられる正レンズは、 $\Delta n / \Delta T$ を屈折率の温度係数として、

$$\Delta n / \Delta T < -5 \times 10^{-6}$$

なる条件式を満足する硝子材料を少なくとも2枚以上有している請求項3に記載の投射レンズ。

- [6] 前記第1レンズ群は、スクリーン側に凸面を向けた2枚のメニスカス負レンズにより構成された請求項3に記載の投射レンズ。

- [7] 前記第1レンズ群に用いられるプラスチックレンズは、開口絞り側に配置されている請求項6に記載の投射レンズ。

- [8] 第2レンズ群を構成する正レンズの焦点距離をf2ep、全系の焦点距離をfとしたときに、

$$2.5 < f_{2ep}/f < 5.0$$

なる条件を満足する請求項3に記載の投射レンズ。

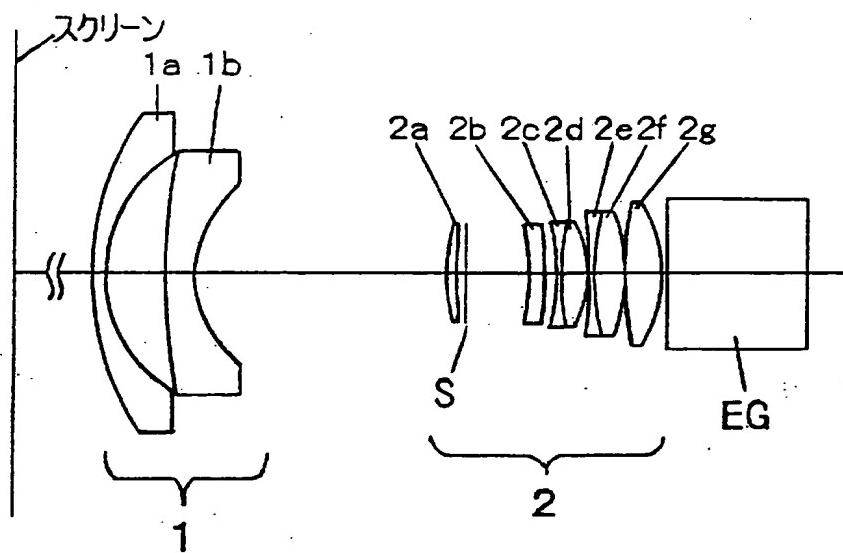
[9] 第2レンズ群を構成する硝子材料からなる負レンズの焦点距離をf2gn、全系の焦点距離をfとしたときに、

$$-5.0 < f2gn/f < -2.0$$

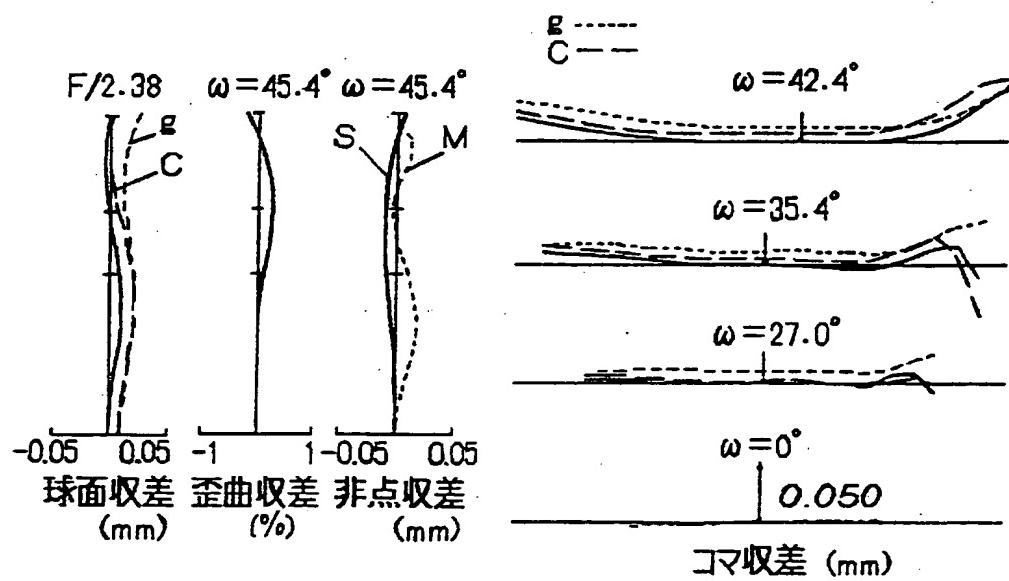
なる条件を満足する請求項3に記載の投射レンズ。

[10] 投射レンズを備えた背面投射型プロジェクション装置であって、前記投射レンズとして、請求項1から3のいずれかの一項に記載の投射レンズを用いることを特徴とする背面投射型プロジェクション装置。

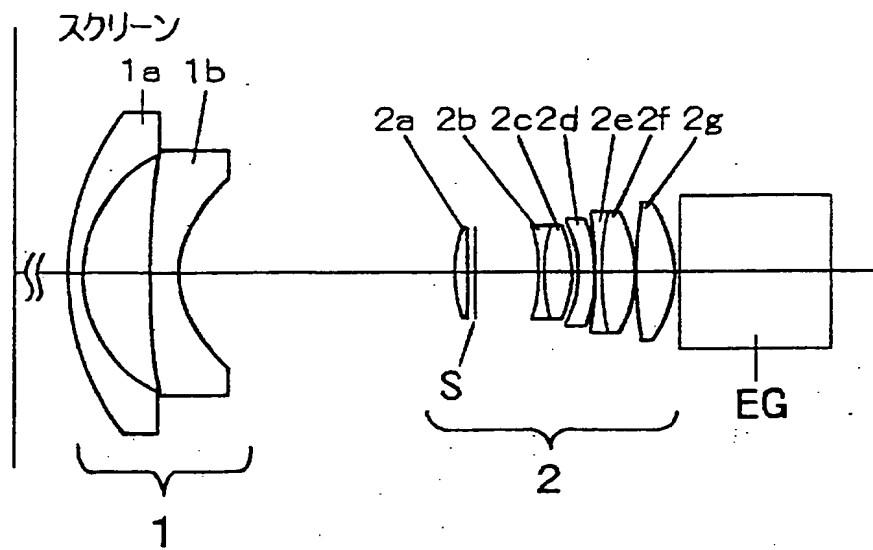
[図1]



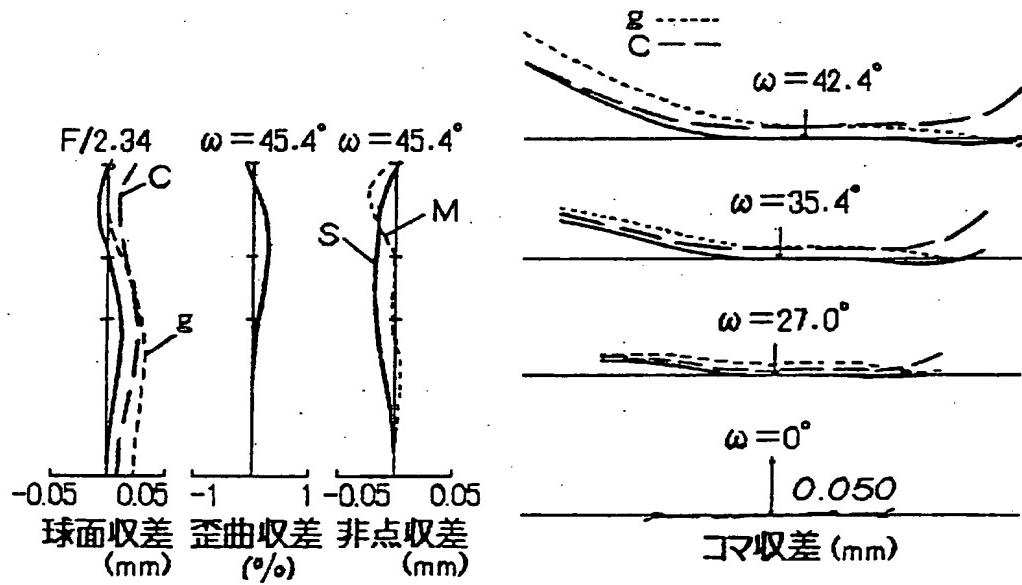
[図2]



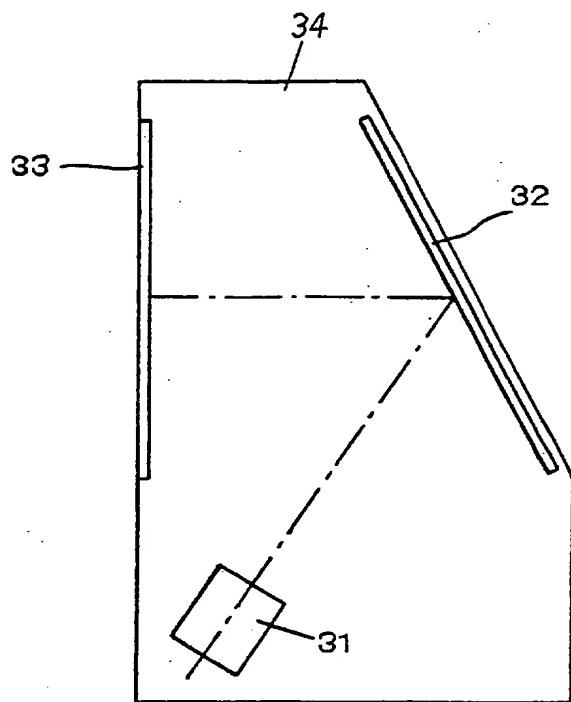
[図3]



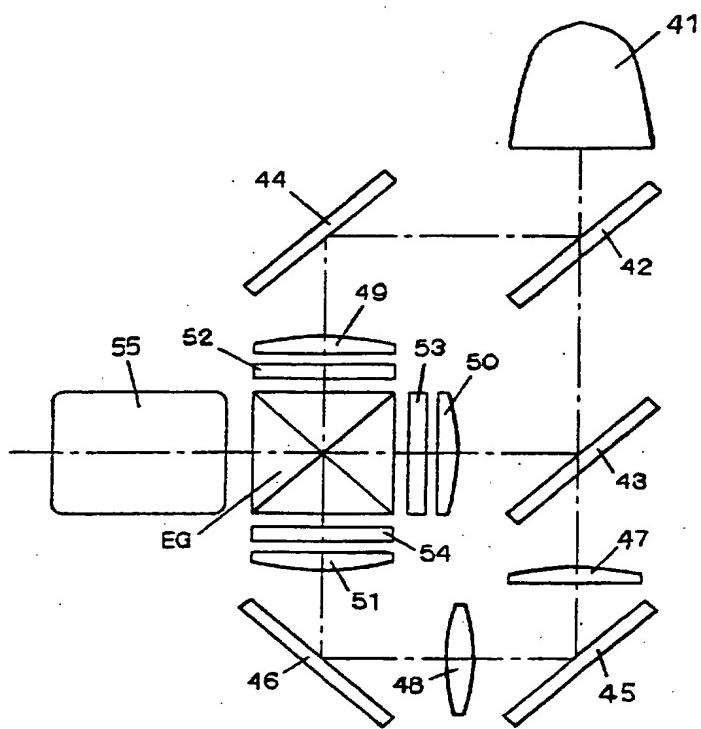
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/007560

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02B13/04, G02B13/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B13/04, G02B13/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-222794 A (Fuji Photo Optical Co., Ltd.), 08 August, 2003 (08.08.03), Par. Nos. [0014], [0015], [0029], [0030]; tables 1 to 4; Fig. 1 (Family: none)	1, 2, 4-10
Y	JP 2003-222793 A (Fuji Photo Optical Co., Ltd.), 08 August, 2003 (08.08.03), Par. Nos. [0014] to [0016], [0019], [0028] to [0030]; tables 1 to 4; Fig. 1 (Family: none)	1, 2, 4-10

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
16 May, 2005 (16.05.05)Date of mailing of the international search report
31 May, 2005 (31.05.05)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/007560

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-248171 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 05 September, 2003 (05.09.03), Par. Nos. [0011], [0013] (Family: none)	1, 2, 4-10
X Y	JP 11-194266 A (Fuji Photo Optical Co., Ltd.), 21 July, 1999 (21.07.99), Tables 1, 3, 5, 7; Figs. 1, 2 (Family: none)	3 4-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl.⁷ G02B 13/04, G02B 13/18

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl.⁷ G02B 13/04, G02B 13/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-222794 A (富士写真光機株式会社) 2003. 08. 08 【0014】、【0015】、【0029】、【0030】、【表1】-【表4】、【図1】 (ファミリーなし)	1, 2, 4-10
Y	JP 2003-222793 A (富士写真光機株式会社) 2003. 08. 08 【0014】-【0016】、【0019】、【0028】-【0	1, 2, 4-10

 C欄の続きにも文献が列挙されている。

〔 パテントファミリーに関する別紙を参照。〕

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16. 05. 2005

国際調査報告の発送日

31.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

吉野 公夫

2V 8106

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C(続き)	関連すると認められる文献	関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	030】、【表1】-【表4】、【図1】(ファミリーなし) JP 2003-248171 A (松下電器産業株式会社) 2003.09.05 【0011】、【0013】(ファミリーなし)	1, 2, 4-10
X	JP 11-194266 A (富士写真光機株式会社)	3
Y	1999.07.21 【表1】、【表3】、【表5】、【表7】、【図1】、【図2】(ファミリーなし)	4-10